

**Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah
Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan**

*(Optimation of Bioethanol Production from Corncob (*Zea mays* L.) as Revealed by
Yeast Co-Culture Ratios and Stirring)*

Oleh :
Tiara Osa Meutia
652012200

TUGAS AKHIR

**Diajukan kepada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika
guna memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains**



**Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Matematika
Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
2016**



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : TIARA DSA MEUTIA
NIM : 65 2012 200 Email : meutiaosa@gmail.com
Fakultas : SAINS DAN MATEMATIKA Program Studi : KIMIA
Judul tugas akhir : OPTIMASI PRODUKSI BIOETANOL TONGKOL JAGUNG
(Zea mays L.) DITINJAU DARI KO-KULTUR RAGI
DAN PENGADUKAN
Pembimbing : 1. Dr. rer. nat. A. Ign Kristijanto, MS
2. Ir. Sri Hartini, M.Sc

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

1956

Salatiga, 21 JUN 2016





PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : TIARA OSA MEUTIA
NIM : 65 2012 200 Email : meutiaosa@gmail.com
Fakultas : SAINS DAN MATEMATIKA Program Studi : KIMIA
Judul tugas akhir : OPTIMASI PRODUKSI BIOETANOL TONGKOL JABUNG
(Zea mays L.) DITINJAU DARI MSBAH KO-KULTUR
RAGI DAN PENGADUKAN

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatasnya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak *non-eksklusif* kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak *copyright* atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing TA dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 21 JUNI 2016

TIARA OSA MEUTIA
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

Ir. Sri Hartini, M.Sc.
Tanda tangan & nama terang pembimbing II

Dr. rer. nat. A. Ign. Kresnanto, MS
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

**Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah
Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan**

*(Optimization of Bioethanol Production from Corn cob (*Zea mays* L.) as Revealed by
Yeast Co-Culture Ratios and Stirring)*

Oleh
Tiara Osa Meutia
NIM : 652012200

TUGAS AKHIR

**Diajukan kepada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika
guna memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains**

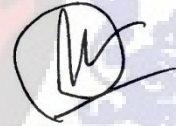
Disetujui oleh,

Pembimbing Utama



Dr. rer. nat. A. Ign. Kristijanto, MS

Pembimbing Pendamping



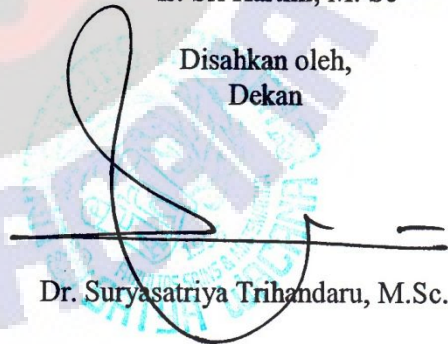
Ir. Sri Hartini, M. Sc

Diketahui oleh,
Kaprogdi



Ir. Sri Hartini, M. Sc

Disahkan oleh,
Dekan



Dr. Suryasatriya Trihandaru, M.Sc. nat

**FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA
SALATIGA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Tiara Osa Meutia
NIM : 652012200
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir, judul :

Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan

Yang dibimbing oleh :

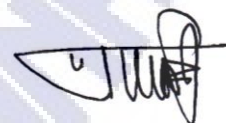
1. Dr. rer. nat. A. Ign. Kristijanto, MS
2. Ir. Sri Hartini, M.Sc

Adalah benar – benar hasil karya saya.

Di dalam laporan tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan atau gagasan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau gambar serta symbol yang saya aku seolah – olah sebagai karya saya sendiri tanpa memberikan pengakuan pada penulis atau sumber aslinya.

Salatiga, 06 Juni 2016

Yang memberi pernyataan,



Tiara Osa Meutia

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tiara Osa Meutia
NIM : 652012200
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Matematika
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UKSW hak bebas royalti non – eksklusif (*non – exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya berjudul :

**Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah
Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan**

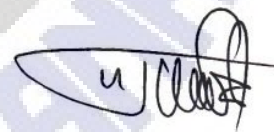
beserta perangkat yang ada (jika perlu).

Dengan hak bebas royalti non – eksklusif ini, UKSW berhak menyimpan, mengalihmedia / mengalihformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya, selama tetap menuliskan nama saya sebagai penulis / pencipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salatiga
Tanggal : 06 Juni 2016

Yang menyatakan,



Tiara Osa Meutia

Mengetahui,

Pembimbing Utama



Dr. rer. nat. A. Ign. Kristijanto, MS

Pembimbing Pendamping



Ir. Sri Hartini, M. Sc

Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan

*(Bioethanol Production Optimation from Corncob (*Zea mays* L.) as Revealed by Yeast Co-Culture Ratios and Stirring)*

Tiara Osa Meutia*, A. Ign. Kristijanto**, dan Sri Hartini**

*Mahasiswi Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Matematika

**Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

Jln. Diponegoro no. 52-60 Salatiga 50711, Jawa Tengah-Indonesia

meutiaosa@gmail.com

ABSTRACT

*This study aims to obtain results and levels of bioethanol from corn cobs (*Zea mays* L.) with yield and optimal levels in terms of the ratio of co-culture (tape yeast and yeast bread), with stirring and without stirring, and the interaction between the two. Data were analyzed by treatment factorial design (4x2) and the basic design of a randomized block design (RABD) with four replications. As the first factor is the ratio of co-culture of yeast and yeast breads tape consisting of four levels, namely, 7.5%: 7.5%; 10%; 5%; 15%: 5%; and 20%: 5%. As a second factor is stirring that consists of two levels, namely with stirring and without stirring. Fermentation is carried out for 24 hours at room temperature, with the addition of yeast tape first, and then after 24 hours coupled with baker's yeast and fermentation continued until 72 hours.*

Based on the research results (yield) of 19.80% bioethanol optimal grading 8.19% ethanol in yeast tape ratio of 10% and 5% yeast bread with stirring treatment. The result of corn cob bioethanol research had been meet several requirements of SNI 7390 : 2012 , denatured bioethanol for gasohol.

Keywords : bioethanol , bread yeast, stirring , tape yeast , waste corn stalks

1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Kebutuhan energi bahan bakar yang berasal dari eksplorasi fosil terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan ekonomi. Hal tersebut dapat menjadi masalah besar ketika negara belum bisa mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM), sedangkan cadangan sumber energi tersebut makin terbatas. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi yang terjadi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak semakin menipis. (Susilowati, 2011).

Sudah saatnya penggunaan sumber energi terbarukan berupa bahan bakar nabati atau bioenergi ditingkatkan, menggantikan bahan bakar fosil yang semakin menipis

seperti dalam Inpres No 1/2006 dan Perpres No 5/2006 tentang kebijaksanaan energi nasional. Contoh bahan bakar nabati (BBN) cair yaitu pengganti bensin yang bernama bioetanol. Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan bergula (molase, aren, nira dan lainnya), bahan berpati (singkong, jagung, sagu, dan jenis umbi lainnya), dan bahan berserat seperti lignoselulosa (Mailool dkk, 2013).

Penggunaan bahan baku yang jauh lebih murah dan tersedia banyak, yakni bahan lignoselulosa dari limbah industri pertanian dan kehutanan perlu terus dikembangkan. Salah satu limbah pertanian yang banyak ditemukan adalah tongkol jagung. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 19.032.677 ton. Hal tersebut menyebabkan melimpahnya limbah tongkol jagung yang selama ini lebih sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak saja.

Karakteristik kimia dari tongkol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternative (bioetanol), kadar senyawa kompleks lignin dalam tongkol jagung adalah 6,7-13,9 %, untuk hemiselulosa 39,8 %, dan selulosa 32,3-45,6 % (Fachry dkk., 2013). Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial untuk dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologi. Selulosa merupakan sumber karbon yang dapat digunakan mikroorganisme sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk seperti bioetanol. Oleh karena itu, produksi bioetanol perlu terus dikembangkan untuk mengurangi jumlah limbah tongkol jagung dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) sehingga diperoleh produk yang memiliki nilai guna dan nilai ekonomi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan bioetanol adalah proses hidrolisis dan fermentasi. Untuk dapat mengoptimalkan kedua proses tersebut, dapat digunakan teknik ko-kultur. Menurut Arnata dan Anggraeni (2013), penggunaan teknik ko-kultur dalam proses fermentasi untuk memproduksi bioetanol ternyata memberikan hasil yang lebih baik daripada penggunaan kultur murni *S.cerevisiae* maupun kultur tunggal ragi tape. Ragi tape dipilih karena starter ragi tape merupakan populasi campuran dari genus *Aspergillus*, *Sacharomyces cerevisiae*, *Candida*, dan *Hansenula*. Genus – genus ini saling berkesinambungan, yaitu *Aspergillus* dapat menyederhanakan gula, *S. cerevisiae*, *Candida*, dan *Hansenula* dapat menguraikan gula menjadi alkohol (Jhonprimen dkk., 2012). Sedangkan ragi

roti dipilih karena mengandung *S. cerevisiae* menghasilkan enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa), sedangkan enzim zimase melanjutkan pekerjaan enzim invertase dengan mengubah glukosa menjadi etanol (Putra, 2001).

Berdasarkan latar belakang maka tujuan penelitian adalah : menghasilkan bioetanol optimal dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) ditinjau dari nisbah ko-kultur (ragi tape dan ragi roti), proses pengadukan dan tanpa pengadukan, serta interaksi antara keduanya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang banyak tersedia di Indonesia. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial untuk dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologi. Selulosa merupakan sumber karbon yang dapat digunakan mikroorganisme sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Shofiyanto, (2008) dalam Fachry dkk., 2013).

Karakteristik kimia dan fisika dari tongkol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternative (bioetanol), kadar senyawa kompleks lignin dalam tongkol jagung adalah 6,7-13,9 %, untuk hemiselulosa 39,8 %, dan selulosa 32,3-45,6 %. Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni, melainkan selalu berikatan dengan senyawa lain, yaitu lignin dan hemiselulose (Fachry dkk., 2013).

Menurut Irawadi, (1990 dalam Shofiyanto, 2008) limbah pertanian (termasuk tongkol jagung), mengandung selulosa (40-60%), hemiselulosa (20-30%) dan lignin (15-30%). Komposisi kimia tersebut membuat tongkol jagung dapat digunakan sebagai sumber energi, bahan pakan ternak dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme (**Tabel 1**).

Tabel 1. Komposisi Tongkol Jagung

Kandungan	Presentase
Selulosa	41
Hemiselulosa	36
Lignin	16
Air dan lain-lain	7

Sumber: Huda (2007, dalam Shofiyanto, 2008)

2.2 Bioetanol Tongkol Jagung

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Menurut Kardono (2010), etanol (C_2H_5OH) adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun, bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi, dan industri makanan serta minuman. Kegunaan etanol yang lain adalah sebagai bahan aditif untuk menaikkan nilai oktan bensin, bahan campuran bensin, dan untuk jangka panjang diharapkan dapat menggantikan bensin sebagai bahan bakar. Selain itu, bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan bensin karena dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi gas emisi rumah kaca (Hambali dkk., (2007) dalam Hermiati dkk., 2010).

Hasil penelitian Oktavia dkk., (2013) menunjukkan bahwa kadar etanol tertinggi yang dihasilkan dari tongkol jagung pada kondisi konsentrasi tongkol jagung 3 % dan waktu fermentasi selama 96 jam sebesar 3,2 % (v/v). Penelitian Yonas dkk., (2013) menunjukkan bahwa tongkol jagung yang dihidrolisis dengan H_2SO_4 2% dan difermentasi selama 3 hari (72 jam) menghasilkan kadar etanol sebesar 5,34 %. Sedangkan penelitian Febriyani (2014) menunjukkan bahwa kadar bioetanol tongkol jagung yang diperoleh dari fermentasi selama 2 hari (48 jam) sebesar 6 %.

2.3 Teknik Ko-Kultur

Proses produksi bioetanol dapat dilakukan melalui konversi bahan baku dengan memanfaatkan mikroba yang sesuai. Selama ini mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi umumnya adalah kultur tunggal *S.cerevisiae*. Arnata *et al* (2009) menggunakan teknik ko-kultur *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* dan

S.cerevisiae dalam proses fermentasi tepung ubi kayu dan mampu menghasilkan konsentrasi bioetanol 7,41% atau meningkat 19,56% jika dibandingkan dengan menggunakan monokultur *S.cerevisiae*. Kondisi yang diharapkan dengan teknik ko-kultur adalah adanya sinergisme antara konsorsium antar mikroba dalam menghidrolisis dan memfermentasikan.

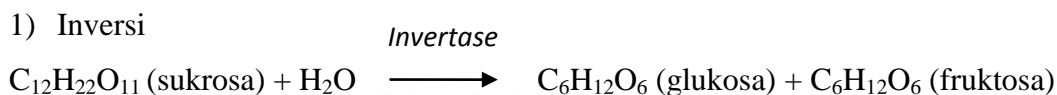
Salah satu faktor yang harus diselesaikan adalah waktu pencampuran yang tepat antara ragi dengan ragi atau khamir lainnya sehingga makromolekul glukosa dapat terhidrolisis terlebih dahulu yang kemudian digunakan pada proses selanjutnya (Arnata dan Anggraeni, 2013). Waktu pencampuran merupakan salah satu faktor kritis yang mempengaruhi sinergisme konsorsium mikroba dalam teknik ko-kultur. Faktor ini berpengaruh langsung terhadap laju hidrolisis dan pertumbuhan mikroorganisme. Konsentrasi substrat yang terlalu tinggi dapat menjadi faktor penghambat kinerja enzim hidrolitik, penghambat pertumbuhan ragi dan bahkan menyebabkan inaktifnya sel ragi. Sebaliknya, konsentrasi yang rendah menjadi faktor pembatas yang menyebabkan sel ragi kekurangan substrat untuk metabolisme pertumbuhan sel (Park *et al*, 2012).

Arnata dan Anggraeni (2013) melakukan penelitian pada ubi kayu dengan menggunakan teknik ko-kultur, kadar etanol tertinggi pada proses fermentasi didapat dengan pemberian ragi tape untuk 1 hari pertama dan dilanjutkan dengan pemberian kultur *S.cerevisiae* untuk 2 hari berikutnya. Tingkat efisiensi fermentasi cukup tinggi yaitu 52,94% dan menghasilkan etanol 11%, hasil ini lebih besar dibanding menggunakan *S.cerevisiae* saja (4,2%) maupun dengan ragi tape saja (3,07%). Swain *et al* (2013) memproduksi bioetanol dari ubi dengan menggunakan ko-kultur dari *Trichoderma sp* dan *S.cerevisiae* mendapatkan etanol 172 g/kg ubi dengan perbandingan *Trichoderma sp* dan *S.cerevisiae* 1:4 dengan inokulum sebesar 10% dari substrat. Menurut penelitiannya, produksi etanol dengan teknik ko-kultur ini lebih tinggi 65% dibanding kultur tunggal *S.cerevisiae*.

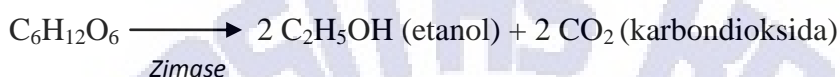
2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Untuk mendapatkan etanol dari proses fermentasi, diperlukan ragi untuk menumbuhkan. *S. cerevisiae* merupakan salah satu spesies ragi yang telah dikenal mempunyai daya konversi gula menjadi etanol yang sangat tinggi. *S. cerevisiae*

menghasilkan enzim zimase dan invertase, dimana enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa), sedangkan enzim zimase melanjutkan pekerjaan enzim invertase dengan mengubah glukosa menjadi etanol. Reaksinya adalah sebagai berikut.



2) Fermentasi



(Putra, 2001)

Hasil penelitian Arnata dan Anggraeni (2013) menunjukkan bahwa bioetanol dari ubi kayu dengan teknik ko-kultur (ragi tape pada satu hari pertama dan *S. cerevisiae* untuk dua hari berikutnya) memberikan hasil yang lebih baik. Fermentasi dilakukan selama 3 hari pada pH akhir 4,05 dengan rasio substrat dan ragi 6 : 1 yaitu 30 % (b/v) : 5 % (v/v). Diperoleh glukosa sebesar 82,92% dan hasil etanol dengan konsentrasi 11 %. Penelitian Fachry, dkk. (2013) menunjukkan bahwa 20 gram substrat tongkol jagung (hasil pretreatment dengan 0,5 M HCl) dengan 2 gram *S. cerevisiae* (ditambah nutrisi 0,2 gram) selama 7 hari menghasilkan 1,3039%. Penelitian Mailool dkk., (2013) menunjukkan bioetanol dari singkong dengan rasio substrat dan ragi 10 : 1 yaitu 5 kg : 0,5 kg, dengan tiga kali proses destilasi diperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi pada destilasi kedua yaitu 74 % sebanyak 185 ml dan pH 6,927.

2.5 Ragi Tape

Ragi tape merupakan kultur starter kering yang terbuat dari campuran tepung beras, ramuan bumbu, air dan ekstrak gula tebu (Merican and Queenland, 2004). Di Indonesia, Malaysia, Filipina dan Vietnam secara tradisional ragi tape sering dipergunakan dalam proses fermentasi pembuatan tape ubi, beras atau ketan. Ragi tape merupakan kultur kering yang terdiri dari konsorsium mikroba berupa yeast atau khamir, kapang (*Mucor*, *Rhizopus* dan *Amylomyces*) dan bakteri jenis cocci. (Kofli and Dayaon, 2010). Menurut Merican and Queenland (2004), ragi tape mengandung sekitar 8×10^7 sel/g – 3×10^8 sel/g kapang, 3×10^6 – 3×10^7 sel/g yeast dan 10^3 sel/g bakteri. Kapang yang terdapat pada ragi tape mempunyai kemampuan

untuk menghasilkan enzim amilolitik sehingga ragi tape dapat menghidrolisis pati yang terdapat pada bahan baku. Dalam teknik ko-kultur, mikroba amilolitik dari ragi tape akan terlebih dulu menghidrolisis pati menjadi glukosa dan selanjutnya glukosa akan difermentasikan oleh *S.cerevisiae* untuk dijadikan alkohol (Arnata dan Anggraeni, 2013)

Penelitian Arnata dan Anggareni, (2013) menunjukkan bahwa teknik kokultur yang memberikan hasil terbaik yaitu perlakuan proses fermentasi ubi kayu dengan pemberian ragi tape untuk satu hari pertama dan dilanjutkan dengan pemberian kultur *S.cerevisiae* untuk dua hari berikutnya. Perlakuan tersebut mempunyai pH akhir 4,05, persentase konsumsi substrat atau glukosa sebesar 82,92%, menghasilkan etanol dengan konsentrasi 11,0 % (b/v) dan efisiensi fermentasi mencapai 52,94%.

3. BAHAN DAN METODA

3.1. Bahan dan Piranti

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, molase, ragi tape dibeli dari pasar di Salatiga, dan ragi roti dibeli dari toko roti di Salatiga, sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain NaOH, H₂SO₄, *Nutrient Broth*, standar glukosa, reagensia DNS, dan KNa Tartrat.

Piranti yang digunakan antara lain *drying cabinet*, *autoclave*, inkubator Autonics TC45, bejana fermentasi, *magnetic stirrer*, *waterbath* Memmert, spektrofotometer UV-VIS, 1 set peralatan distilasi, alkoholmeter, spektrofotometer HACH DR/EL 2000, *digital titrator* dan pH meter HANNA Instrument 9812.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1 Delignifikasi

Serbuk tongkol jagung dideliginifikasi dengan NaOH 0,25 M (1:8) (^b/_v) dengan *autoclave* 121⁰C selama 30 menit kemudian dicuci dengan akuades sampai pH netral (Sukumuran *et.al.*, 2009) lalu dikeringkan dalam *drying cabinet* suhu 50⁰C selama 24 jam.

3.2.2 Hidrolisis Serbuk Tongkol Jagung

Serbuk tongkol jagung hasil delignifikasi dihidrolisis dengan H_2SO_4 15% (1:10) (b/v) dalam refluks 100°C selama 120 menit (Yonas dkk., 2013 yang dimodifikasi). Substrat hasil hidrolisis disaring, kemudian diambil filtratnya. Selanjutnya, larutan hasil hidrolisis dinetralkan dengan NaOH sampai pH 4,6.

3.2.3 Pengukuran Gula Fermentasi

Hasil hidrolisis (glukosa awal) dan hasil fermentasi (glukosa sisa) diuji kadar glukosanya, sehingga dapat diketahui berapa glukosa yang digunakan untuk fermentasi (selisih dari glukosa awal dan glukosa sisa). Uji glukosa dilakukan dengan cara mencampurkan 1 ml larutan dengan 2 ml reagensia DNS. Kemudian larutan dipanaskan selama 5-10 menit sampai larutan berwarna merah kecoklatan. Selanjutnya, larutan diukur dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 540 nm.

3.2.4 Fermentasi

Larutan hasil hidrolisis ditambah molase dan akuades dengan perbandingan substrat : molase : akuades (6:2:2), kemudian larutan difermentasi dengan nisbah ragi tape : ragi roti ($\%$, v/v) yaitu: 7,5 : 7,5 ; 10 : 5 ; 15 : 5 ; dan 20 : 5. Ragi tape diberikan terlebih dahulu kemudian setelah 24 jam ditambah dengan ragi roti dan fermentasi dilanjutkan sampai 72 jam. Semua nisbah diberi perlakuan pengadukan dan tanpa pengadukan.

3.2.5 Destilasi

Larutan didistilasi pada suhu $78,5^\circ\text{C}$ selama ± 4 jam sampai tidak ada yang menetes lalu diukur kadar etanol dengan alkoholmeter.

3.2.6 Pengukuran Bioetanol Sesuai Parameter SNI 7390:2012 tentang Bioetanol

Terdenaturasi Gasohol

Bioetanol yang telah didestilasi diukur sesuai dengan beberapa parameter SNI 7390:2012 yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter yang Diuji dan Piranti

Parameter	Piranti / Metoda
Tembaga (Cu) (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
Sulfur (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
Ion Klorida (mg/L)	Digital Titrator
Keasaman sebagai CH ₃ COOH	Titration Asam Basa
pH	pH meter HANNA Instrument 9812

4.3 Analisa Data

Data kadar bioetanol dari tongkol jagung dianalisis dengan rancangan perlakuan Faktorial (4x2) dan rancangan dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 kali ulangan. Sebagai faktor pertama adalah nisbah ragi tape : ragi roti (% , $\frac{v}{v}$) yang terdiri dari 4 aras yaitu 7,5 : 7,5 ; 10 : 5 ; 15 : 5 ; dan 20 : 5 sedangkan faktor kedua adalah pengadukan yang terdiri dari 2 aras yaitu dengan pengadukan dan tanpa pengadukan. Rataan perlakuan dilakukan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5% (Steel dan Torrie, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengaruh Berbagai Nisbah Ko-Kultur Ragi terhadap Kadar dan Yield Bioetanol

Purata kadar etanol dari tongkol jagung (% \pm SE) berkisar antara $5,11 \pm 0,22$ sampai $7,51 \pm 0,35$ % (Tabel 3 dan Lampiran 1).

Tabel 3. Rataan Kadar Bioetanol ($\bar{X} \pm SE$) Antar Berbagai Nisbah Ragi

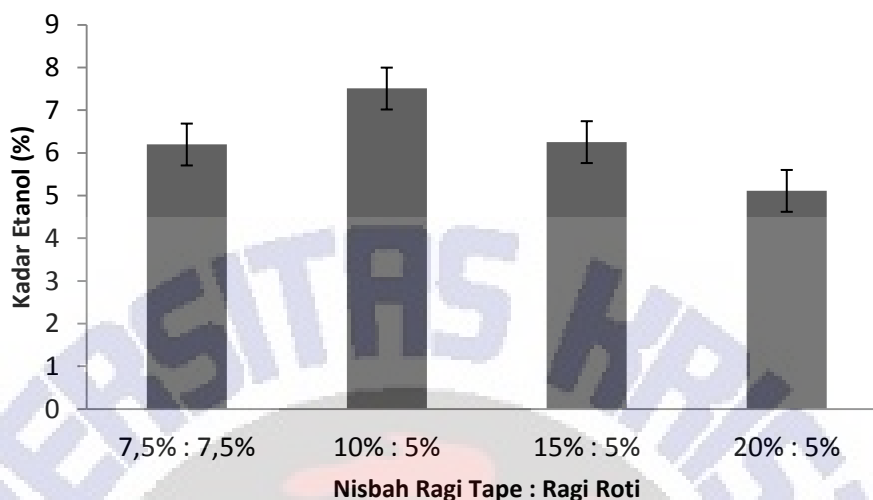
	Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
($\bar{X} \pm SE$)	$6,20 \pm 0,23$	$7,51 \pm 0,35$	$6,25 \pm 0,32$	$5,11 \pm 0,22$
W = 0,10	(b)	(c)	(b)	(a)

Keterangan : *W = BNJ 5%

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna sedangkan angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna. Keterangan ini juga berlaku untuk Tabel 3, 4, 5, 6 dan 7.

Dari **Tabel 3** terlihat bahwa penambahan ragi tape meningkatkan kadar etanol sedangkan penambahan ragi roti tidak berpengaruh terhadap kadar etanol. Kadar

etanol meningkat pada nisbah ragi tape 10 % dan ragi roti 5 % kemudian menurun pada nisbah ragi tape yang lebih tinggi (**Gambar 1**).



Gambar 1. Diagram Batang Kadar Bioetanol Antar Berbagai Nisbah Ko-Kultur Ragi

Dari **Gambar 1** menunjukkan bahwa kadar etanol meningkat pada nisbah ragi tape 10% : ragi roti 5%. Hal itu terkait dengan glukosa yang digunakan untuk fermentasi lebih banyak daripada nisbah lainnya (**Tabel 4** dan **Lampiran 2**). Semakin banyak glukosa yang difermentasi, semakin banyak kadar etanol yang diperoleh.

Tabel 4. Rataan Glukosa Fermentasi ($\bar{X} \pm SE$) Antar Berbagai Nisbah Ragi

	Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
(dalam g/L \pm SE)	8,56 \pm 0,96	16,50 \pm 1,04	6,64 \pm 1,11	5,98 \pm 1,06
W = 0,64	(c)	(d)	(b)	(a)

Kadar etanol yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan beberapa penelitian bioetanol yang hanya menggunakan mono-kultur. Tongkol jagung yang difermentasi dengan *S. cerevisiae* selama 7 hari diperoleh kadar etanol 1,3 % (Fachry dkk., 2013). Sedangkan penelitian Fitriani dkk., (2013) menunjukkan bahwa tongkol jagung yang dihidrolisis dengan H₂SO₄ 10% dan difermentasi dengan sel amobil dari *S.cerevisiae* selama 48 jam menghasilkan kadar etanol sebesar 6 %.

Hasil (*yield*) bioetanol yang diperoleh dari proses destilasi ternyata juga meningkat pada nisbah ragi tape 15 % : ragi roti 5 % (**Tabel 5**).

Tabel 5. Rataan *Yield* Bioetanol ($\bar{X} \pm SE$) Antar Berbagai Nisbah Ragi

	Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
($\bar{X} \pm SE$)	16,64 \pm 0,47	18,94 \pm 0,52	17,08 \pm 0,49	14,48 \pm 0,22
W = 0,75	(b)	(c)	(b)	(a)

Suhu dan waktu destilasi dapat berpengaruh terhadap perolehan *yield*. Selain itu, ada beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi yaitu bahan baku, proses dan alat destilasi yang digunakan (Marjoni, 2014). Berdasarkan penelitian ini, semakin tinggi kadar etanol, semakin banyak *yield* yang diperoleh.

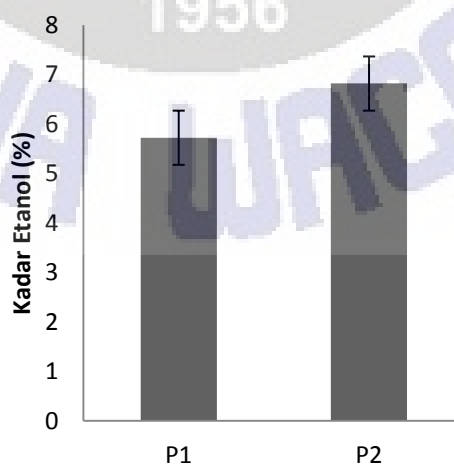
5.2 Pengaruh Pengadukan terhadap Kadar dan *Yield* Bioetanol

Purata kadar etanol dari tongkol jagung ($\% \pm SE$) berkisar antara $5,72 \pm 0,35$ sampai $6,82 \pm 0,43$ (**Tabel 6**).

Tabel 6. Rataan Kadar Bioetanol ($\bar{X} \pm SE$) Antar Pengadukan

	Tanpa Pengadukan	Pengadukan
($\bar{X} \pm SE$)	5,72 \pm 0,35	6,82 \pm 0,43
W = 0,05	(a)	(b)

Dari **Tabel 6**, dapat dilihat bahwa perlakuan pengadukan dapat meningkatkan kadar etanol (**Gambar 2**).

**Gambar 2.** Diagram Batang Kadar Etanol Antar Berbagai Nisbah Ko-Kultur Ragi

P1 = Tanpa Pengadukan ; P2 = Pengadukan

Dari **Gambar 2** terlihat bahwa proses fermentasi dengan pengadukan meningkatkan kadar etanol daripada yang tanpa pengadukan, hal ini terkait dengan gula yang digunakan dalam proses fermentasi (**Tabel 7**).

Tabel 7. Rataan Glukosa Fermentasi ($\bar{X} \pm SE$) Antar Pengadukan

	Tanpa Pengadukan	Pengadukan
(dalam g/L \pm SE)	$7,89 \pm 2,00$	$10,95 \pm 2,00$
W = 0,34	(a)	(b)

Perlakuan dengan pengadukan menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pengadukan karena ragi dapat bekerja optimal. Hal itu dikarenakan pengadukan berfungsi untuk meratakan kontak sel dan substrat, menjaga agar mikroorganisme tidak mengendap di bawah dan meratakan temperatur (Kurniawan dkk., 2011). Kadar etanol yang diperoleh pada penelitian ini, masih lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa penelitian lain mengenai pembuatan bioetanol dengan pengadukan. Kadar bioetanol limbah serabut buah sawit dari fermentasi dengan *S.cerevisiae* sebesar 5 % dengan perlakuan pengadukan (Jackson dkk., 2014). Sedangkan kadar bioetanol pelepah sawit dari fermentasi dengan *S.cerevisiae* (dari ragi kemasan) sebesar 3 % dengan perlakuan pengadukan (Akbar dkk., 2015).

Hasil (*yield*) yang diperoleh dari destilasi ternyata juga meningkat dengan adanya pengadukan. Adanya pengadukan menyebabkan sel ragi lebih optimal dan kadar etanol meningkat sehingga *yield* yang diperoleh lebih banyak daripada yang tanpa diaduk (**Tabel 8**).

Tabel 8. Rataan *Yield* Bioetanol ($\bar{X} \pm SE$) Antar Pengadukan

	Tanpa Pengadukan	Pengadukan
($\bar{X} \pm SE$)	$16,16 \pm 0,65$	$17,41 \pm 0,87$
W = 0,40	(a)	(b)

5.3 Kadar dan *Yield* Bioetanol Ditinjau dari Interaksi Antar Nisbah dan Pengadukan

Purata kadar etanol tongkol jagung ($\% \pm SE$) hasil interaksi nisbah ko-kultur ragi dan pengadukan berkisar antara $4,68 \pm 0,12$ sampai $8,19 \pm 0,02$ (**Tabel 9**).

Tabel 9. Kadar Bioetanol Ditinjau dari Interaksi Antar Nisbah Ragi dan Pengadukan

Pengadukan ($\bar{X} \pm SE$)	Nisbah Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
P ₁	5,74±0,06 (a)	6,83±0,07 (a)	5,63±0,07 (a)	4,68±0,12 (a)
W = 0,14	(b)	(c)	(b)	(a)
P ₂	6,66±0,09 (b)	8,19±0,02 (b)	6,88±0,20 (b)	5,54±0,08 (b)
W = 0,14	(b)	(d)	(c)	(a)
	W = 0,10	W = 0,10	W = 0,10	W = 0,10

Keterangan : *W = BNJ 5%

* P₁ = Tanpa Pengadukan ; P₂ = Pengadukan

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama antar baris atau lajur yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna sebaliknya angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama antar baris atau lajur yang sama menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna. Keterangan ini berlaku juga untuk Tabel 9 dan 10.

Berdasarkan **Tabel 9.** dapat dilihat bahwa kadar etanol meningkat pada nisbah ragi tape 10 % : ragi roti 5 % dengan pengadukan sebesar 8,19 % maupun tanpa pengadukan yaitu 6,830 %. Kadar etanol pada nisbah ragi tape 10 % : ragi roti 5% meningkat karena glukosa yang digunakan untuk fermentasi lebih banyak dibandingkan nisbah lainnya (**Tabel 10**).

Tabel 10. Rataan Gula (dalam g/L) Fermentasi Ditinjau dari Interaksi Antar Nisbah Ragi dan Pengadukan

Pengadukan ($\bar{X} \pm SE$)	Nisbah Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
P ₁	7,14±1,44 (a)	15,02±1,70 (a)	4,97±1,53 (a)	4,43±1,88 (a)
W = 0,90	(b)	(c)	(a)	(a)
P ₂	9,98±1,97 (b)	17,97±2,11 (b)	8,31±2,24 (b)	7,53±1,94 (b)
W = 0,90	(a)	(b)	(a)	(a)
	W = 0,67	W = 0,67	W = 0,67	W = 0,67

Dari **Tabel 10** dapat dilihat bahwa gula fermentasi meningkat pada nisbah ragi tape 10 % : ragi roti 5 % dengan perlakuan pengadukan. Begitu juga dengan *yield* etanol yang diperoleh, meningkat pada nisbah ragi tape 10 % : ragi roti 5 % dengan perlakuan pengadukan (**Tabel 11**). Kadar dan *yield* etanol dengan perlakuan tanpa pengadukan seluruhnya lebih rendah dari yang diberi pengadukan. Adanya pengadukan menyebabkan sel khamir homogen dan tidak mengendap sehingga konversi gula menjadi etanol lebih optimal.

Tabel 11. *Yield* Bioetanol Ditinjau dari Interaksi Antar Nisbah Ragi dan Pengadukan

Pengadukan ($\bar{X} \pm SE$)	Nisbah Ragi Tape : Ragi Roti (%)			
	7,5 : 7,5	10 : 5	15 : 5	20 : 5
P₁	15,99±0,25 (a)	18,07±0,73 (a)	16,38±0,49 (a)	14,19±0,51 (a)
W = 0,17	(b)	(d)	(c)	(a)
P₂	17,30±1,26 (b)	19,80±0,81 (b)	17,78±1,16 (b)	14,76±0,34 (b)
W = 0,17	(b)	(c)	(b)	(a)
	W = 0,80	W = 0,80	W = 0,80	W = 0,80

5.4 Kesesuaian Hasil Bioetanol dengan SNI 7390:2012

Hasil dan kadar bioetanol tongkol jagung yang optimal diuji sesuai parameter SNI 7390:2012 (**Tabel 12**).

Tabel 12. Kesesuaian Hasil Bioetanol dengan SNI 7390:2012, Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol

Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan	Bioetanol Uji	Status
Kadar tembaga (Cu)	ppm, maks	0,1	0	Memenuhi
Keasaman sebagai CH ₃ COOH	mg/kg, maks	30	26,00 ± 1,66	Memenuhi
Kadar ion klorida	ppm, maks	20	0	Memenuhi
Kandungan belerang (S)	ppm, maks	50	16,00 ± 2,35	Memenuhi
pH	-	6,5 - 9,0	6,63 ± 0,06	Memenuhi

Dari **Tabel 12** terlihat bioetanol tongkol jagung hasil penelitian telah memenuhi beberapa persyaratan SNI 7390:2012, Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil (*yield*) bioetanol optimal dihasilkan pada nisbah ragi tape 10 % dan ragi roti 5% dengan perlakuan pengadukan yaitu 19,80 ± 0,81 % dengan kadar etanol sebesar 8,19 ± 0,02 %.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya digunakan kultur murni atau enzim dalam proses delignifikasi, hidrolisis maupun fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.A., Ahmad, A, dan S.R.Muria. 2015. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Pada Pembuatan Bioetanol dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jom FTEKNIK* 2(2): 1-8.
- Arnata, I Wayan., Dwi S., dan Richana N. 2009. *Bioprocess Technology to Produce Bioethanol from Cassava by Co-Culture Trichoderma viride, Aspergillus niger and Saccharomyces cerevisiae*. Prosiding. International Conference on Biotechnology for Sustainable Future.
- Arnata, I Wayan, dan A. A. M. D. Anggraeni. 2013. Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Agrotek* 7 (1).
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 7390:2012 tentang Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol.
- BPS. 2015. Tabel Luas Panen – Produktivitas – Produksi Tanaman Jagung Seluruh Provinsi Tahun 2014. http://www.bps.go.id/tmn_pgn.php. [31 Juli 2015].
- Fachry, Ahmad R., P. Astuti, dan T. G. Puspitasari. 2013. Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 1(19).
- Febriyani, Shoimatun. 2014. *Tongkol Jagung (Zea mays L.) Sebagai Bahan Dasar Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Selulosa dan Fermentasi*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Fitriani, S. Bahri, dan Nurhaeni. 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Online Jurnal of Natural Science* 2 (3): 66-74. ISSN: 2338-0950.
- Hermiati, Euis., D. Mangunwidjaja, T. C. Sunarti, O. Suparno, dan B. Prasetya. 2010. *Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol*. *Jurnal Litbang Pertanian* 29(4).
- Inpres. 2006. Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 Tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) Sebagai Bahan Bakar Lain. Jakarta: Deputi Sekretaris Kabinet Indonesia.
- Jeckson, E., A. Ahmad, dan S.R. Muria. 2014. Pengaruh Laju Pengadukan dalam Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serabut Buah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jom FTEKNIK* 1(2): 1-8.
- Jhonprimen, H.S., A. Turnip, dan M.H. Dahlan. 2012. Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi, dan Waktu Fermentasi Pada Bioetanol Dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia* 2(18): 43-52.
- Kardono, L.Broto S. 2010. Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline. Pusat Penelitian Kimia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kofli N.T., and S.H.M. Dayaon. 2010. *Identification Of Microorganism From Ragi For Bioethanol Production by API Kit*. *Journal Applied Science* 10 (21) : 2751-2753.
- Kurniawan, S., S. Juhanda, R. Syamsudin, and M.A. Lukman. 2011. Pengaruh Jenis dan Kecepatan Pengaduk pada Fermentasi Etanol Secara Sinambung dalam Bioreaktor Tangki Berpengaduk Sel Tertambat, *Jurnal STU*, ISSN: 1693-1750.
- Mailool, Jhiro Ch., R. Molenaar, D. Tooy, dan I. A. Longdong. 2013. Produksi Bioetanol Dari Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Skala Laboratorium. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

- Marjoni, M. R. 2014. Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Umbi Singkong (*Manihot Utilissima Pohl*) dari Limbah Industri Kerupuk Sanjai di Kota Bukittinggi Berdasarkan Suhu dan Waktu Destilasi. *Jurnal Pharmacia* 4 (2): 193-200.
- Merican, Z., and Y. Queenland. 2004. *Tapi Processing In Malaysia: A Technology In Transition Industrialization Of Indigeneous Fermented Foods*. pp. 247-270. New York: Marcel Dekker Inc.
- Oktavia, Mitra, E. Mardiah, dan Z. Chaidir. 2013. *Produksi Bioetanol Dari Tongkol Jagung dengan Metoda Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi*. Fakultas MIPA. Universitas Andalas. *Jurnal Kimia Unand* 2 (1) : 107-112.
- Park, Enoch Y., Kazuya Naruse., Tatsuya Kato., 2012. *One-pot Bioethanol Production From Cellulose by Co-Culture of Acremonium Cellulolyticus and Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for Biofuels* 5:64: Japan.
- Perpres. 2006. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Jakarta: Deputi Sekretaris Kabinet Indonesia.
- Putra, K. 2001. Pemanfaatan Bekatul Untuk Produksi Bioetanol Ditinjau Dari Berbagai Konsentrasi HCl. Salatiga: Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana. [Skripsi].
- Shofiyanto, M. Ey. 2008. *Hidrolisa Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran*. Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Steel, R.G.D dan J.H. Torrie, 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Sukumaran, R.K., R.R. Singhanian, G.M. Mathew, and A. Pandey. 2009. *Cellulase Production Using Biomass Feed Stock and its Application in Lignocellulose Saccharification for Bioethanol Production*. *Renewable Energy* 34 (2) : 421-424.
- Swain, Manas Ranjan., Jyoti Mishra., Hrudayanath Thatoi., 2013. *Bioethanol Production from Sweet Potato (Ipomea batatas L.) Flour using Co-Culture of Trichoderma sp. And Saccharomyces cerevisiae in Solid-State Fermentation*. An International Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology Vol.56, n.2:pp.171-179.
- Susilowati. 2011. Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dengan Proses Hidrolisis H_2SO_4 dan Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. [Skripsi].
- Yonas, M. Iqbal, I. Isa, dan H. Iyabu. 2013. Pembuatan Bioetanol Berbasis Sampah Organik Batang Jagung. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.